

Optimasi Rute Pengiriman BBM dengan *Heterogeneous Vehicle Routing Problem With Multi-Trips*

Hasyrani Windyatri^{1✉}, Rozar Rayendra²

¹ Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Indonesia

² Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 13-06-2023

Direvisi : 22-06-2023

Diterima : 27-06-2023

ABSTRAK

Peningkatan kendaraan bermotor berdampak pada peningkatan frekuensi konsumsi BBM, seperti saat *weekend*, arus mudik. Depot BBM X bertugas mengirimkan BBM ke sejumlah SPBU yang tersebar di wilayah Yogyakarta, diminta untuk dapat menjaga kelancaran dan ketepatan waktu dalam pendistribusiannya dalam segala situasi dan kondisi. Depot kerap kali berhadapan dengan kendala waktu pengiriman yang terlalu lama, yang juga disebabkan oleh rute pengiriman yang kurang optimal sehingga total jarak tempuh menjadi lebih panjang. Penelitian bertujuan untuk menentukan rute optimal agar meminimalkan total jarak tempuh. Jika total jarak tempuh berkurang, waktu pengiriman produk diperkirakan akan lebih singkat. Pemecahan masalah akan diterapkan *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP) dengan mempertimbangkan apakah suatu kendaraan dapat melakukan lebih dari satu perjalanan dalam satu hari kerja (*multi trip*), penentuan rute berdasar *Cluster*, dan kelas jalan dengan menggunakan metode Branch and Bound di LINGO Solver. Hasil optimasi rute yang diperoleh menunjukkan penurunan total jarak tempuh untuk Cluster 1 sebesar 6,55%, total jarak tempuh cluster 2 sebesar 23,84%, dan total jarak tempuh cluster 3 sebesar 9,57%.

Kata Kunci:

Konsumsi BBM,
Heterogeneous Vehicle Routing Problem, Multi Trips.

Keywords :

Fuel Consumption, Heterogeneous Vehicle Routing Problem, Multi-trip.

ABSTRACT

The increase in motorized vehicles has an impact on increasing the frequency of fuel consumption, such as weekends and homecoming. BBM Depot X is tasked with sending BBM to some gas stations spread across the Yogyakarta area, asked to be able to maintain the smoothness and timeliness of its distribution in all situations and conditions. Depots are often faced with the problem of delivery times that are too long, which is also caused by delivery routes that are less than optimal so that the total mileage becomes longer. The research aims to determine the optimal route to minimize the total distance traveled. If the total mileage is reduced, the product delivery time is expected to be shorter. The problem solver will implement the Heterogeneous Vehicle Routing Problem (HVRP) by considering whether a vehicle can make more than one trip in one working day (multi-trip), routes based on Clusters, and road classes using the Branch and Bound method in LINGO Solver. The route optimization results obtained showed a decrease in the total mileage to Cluster 1 by 6.55%, the total mileage for Cluster 2 was 23.84%, and the total mileage for Cluster 3 was 9.57%.

Corresponding Author :

Hasyrani Windyatri
Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa
Jl. Inspeksi Kalimalang Tegal Danas, Cikarang Pusat
Email: hasyrani@pelitabangsa.ac.id

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, seiring dengan hal itu juga berdampak pada frekuensi konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Bahan bakar minyak (BBM) menjadi komoditas penting yang digunakan untuk mengisi bahan bakar kendaraan yang dimiliki. Konsumsi BBM di Indonesia khususnya pertalite yang diproduksi oleh PT. Pertamina (Persero), menjadi salah satu yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. PT. Pertamina (Persero) melalui terminal/depot/instansi BBM bertugas untuk mendistribusikan produk BBM ke seluruh Indonesia, dengan cara mengirimkan ke sejumlah SPBU sebelum akhirnya produk tersebut sampai ke tangan konsumen (Risdiyanta, 2014).

Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, khususnya wilayah Yogyakarta dan sekitarnya, perusahaan kerap kali mengalami kendala salah satunya adalah adanya peningkatan konsumsi BBM, terlebih pada saat akhir pekan, arus mudik lebaran dan hari raya besar lainnya. Lonjakan konsumsi BBM ini, membuat perusahaan dituntut untuk dapat memenuhi seluruh permintaan konsumen, agar kelancaran dan ketepatan waktu pengiriman BBM tetap terjaga dalam situasi apapun. Pada penelitian ini akan dikaji mengenai distribusi transportasi BBM, khususnya jenis Pertalite, yang dilakukan oleh Depot BBM X ke sejumlah SPBU yang tersebar di wilayah Yogyakarta, Magelang, dan Temanggung. Dalam kegiatan distribusi produknya, Depot BBM X bertugas untuk mengirimkan BBM ke sekitar 147 pelanggan SPBU, dan setiap SPBU juga memiliki keterbatasan lebar jalan dalam melakukan pengiriman. Depot BBM X merupakan titik awal dan akhir pendistribusian BBM, dan merupakan tempat instalasi BBM yang menyimpan dan menampung pasokan BBM yang akan disalurkan ke SPBU. BBM dikirimkan dari Depot ke sejumlah SPBU menggunakan mobil tanki dengan 3 volume kapasitas yang berbeda, yaitu mobil tanki volume 16 kL, 24 kL, dan 32 kL. Dikarenakan banyak titik (node) yang harus dikunjungi dalam satu hari kerjanya, kerap kali membuat waktu tempuh total pengiriman menjadi lebih lama. Maka untuk memastikan pengiriman bahan bakar yang lancar dan tepat waktu, diputuskan untuk membuat rute yang optimal agar meminimalkan total jarak tempuh. Total waktu pengiriman juga dapat dipengaruhi oleh waktu tempuh, waktu transfer produk dan waktu bongkar. Jarak tempuh yang tinggi juga meningkatkan waktu tempuh (Hendrawan & Widyadana, 2018). Karena total jarak tempuh berkurang, waktu pengiriman produk diperkirakan akan lebih singkat. Pengiriman bisa dilaksanakan dengan cepat dan tepat dengan pemilihan rute yang tepat jika dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan (Novianda et al., 2017). Masalah ini termasuk ke dalam varian *Vehicle Routing Problem*.

Vehicle routing problem (VRP) mendefinisikan kelas masalah optimisasi kombinatorial yang memperhitungkan optimalisasi sekumpulan rute kendaraan ketika kendaraan tersebut melakukan perjalanan bolak-balik atau kendaraan memiliki banyak perhentian di sepanjang rute (Cattaruzza et al., 2017). Dahulu VRP mencoba mencari rute untuk armada kendaraan yang homogen agar dapat memenuhi permintaan pelanggan, dimana setiap pelanggan hanya sekali didatangi oleh satu kendaraan yang awal dan akhir perjalanannya di stasiun pusat, serta memiliki batasan yang harus dipenuhi (Asghari & Al e hashem, 2020). Seiring berkembangnya zaman, terdapat berbagai macam variasi dalam VRP, salah satunya adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* yang paling banyak dipelajari Toth & Vigo (2014), Mingozzi et al., (2013), Seixas & Mendes (2013) pernah mengangkat masalah *multi-trip vehicle routing problem* (MTVRP) dengan *single product*. Mingozzi et al., (2013) menggunakan metode *exact* dengan melakukan *two-set-partitioning* dalam memformulasikan masalah yang ada. Peneliti mengusulkan empat *Column and Cut Generation* (CCG) sebagai prosedur untuk memecahkan formulasi masalah, dan selanjutnya menggunakan *integer programming* (IP) *solver* untuk mengurangi masalah yang ada. *Integer programming* juga digunakan oleh (Seixas & Mendes, 2013) untuk membangun model matematis yang kemudian diselesaikan menggunakan *tabu search* dan *column generation*. Rivera et al., (2016) pernah membahas *multi-trip Cumulative Capacitated Single VRP* untuk logistik bencana menggunakan *exact method*. Penyelesaian VRP, selain bisa diselesaikan menggunakan metode *exact*, dapat pula diselesaikan menggunakan metode *Metaheuristic*. Salah satunya seperti yang dilakukan oleh Shahab & Irawan (2015) yang menyelesaikan masalah CVRP menggunakan

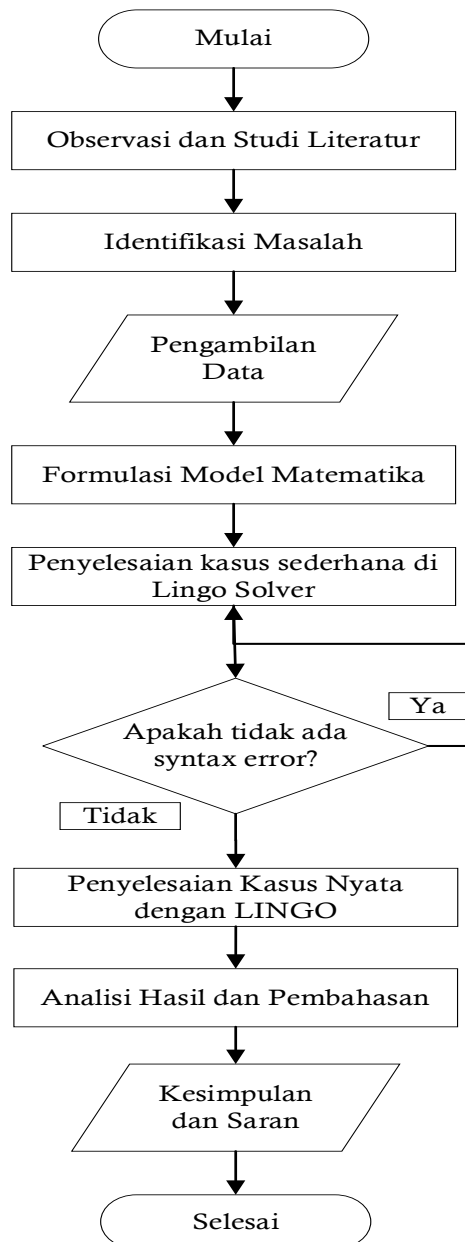
metode algoritma genetika ganda. Algoritma genetika biasa dirasa belum bisa menyelesaikan masalah *capacitated vehicle routing problem*. Algoritma genetika ganda memperoleh hasil yang lebih baik dari segi jarak, dan juga waktu komputasi untuk kapasitas kendaraan yang semakin besar dibandingkan dengan algoritma genetika biasa. Model VRP with *Multiple Trips* pernah diimplementasikan oleh Widyastiti & Awaludin (2021) pada pengangkutan sampah, dengan menggunakan metode branch and bound dapat menghasilkan rute yang lebih pendek dan biaya operasional yang diperoleh menjadi lebih kecil.

Beberapa variasi dipertimbangkan dalam penelitian ini diantaranya melakukan optimasi rute berdasarkan cluster yang ada, kondisi multi-trip dengan batasan kelas jalan yang ada di setiap SPBU sehingga diharapkan waktu penyelesaian mobil tanki menjadi lebih seimbang. Solusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *branch-and-bound* pada LINGO solver, yang diharapkan dapat memberikan solusi yang optimal. Namun berdasarkan kondisi depot BBM tersebut termasuk dalam salah satu varian VRP, yaitu *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP) yang adalah masalah VRP dimana armada kendaraan memiliki jenis kapasitas yang berbeda.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menyelesaikan permasalahan *vehicle routing problem* untuk penentuan rute distribusi BBM agar dapat meminimumkan total jarak tempuh kendaraan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi TBBM untuk memilih rute distribusi BBM yang tepat agar dapat meminimumkan jarak tempuh dan meningkatkan kelancaran pengiriman BBM ke SPBU sehingga kepuasan konsumen meningkat.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah metode memecahkan masalah atau hipotesis dengan cara mengumpulkan, mengolah, menganalisis, dan menarik kesimpulan secara sistematis untuk memperoleh informasi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia (Abubakar, 2021). Adapun *flowchart* penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengobservasi perusahaan dan masalah yang kerap dihadapi, setelah itu dilakukan pengkajian studi literatur dengan mempelajari lebih dalam permasalahan mengenai vehicle routing problem with multi trips. Selanjutnya mengidentifikasi masalah dan sistem pada kondisi yang ada secara lebih rinci.

Pada tahap pengambilan data, dilakukan pengumpulan data sekunder yang nantinya akan digunakan sebagai dasar untuk mendeskripsikan karakteristik sistem distribusi, dan kemudian karakteristik tersebut akan disesuaikan ke dalam model matematika.

Pada tahap formulasi model matematika, dilakukan penyesuaian dengan formulasi model matematika yang telah dikembangkan oleh Setiawan (2016) berdasarkan permasalahan pada sistem nyata dan karakteristik sistemnya. Model matematika yang sudah dibangun kemudian dilakukan optimasi menggunakan *software* LINGO.

Model matematika yang telah ada, dilakukan uji coba model yang diterjemahkan ke dalam syntax *software* menggunakan sebuah kasus sederhana di *software* LINGO untuk melihat apakah ada batasan yang terlanggar atau tidak. Selanjutnya, melakukan running model dengan

software LINGO berdasarkan kasus nyata. Hasil dari output LINGO solver kemudian akan dianalisis sesuai dengan fungsi tujuan yang ingin dicapai.

Pada tahap akhir dilakukan analisis dengan membandingkan output software optimasi dengan rute existing yang ada. Setelah itu akan diketahui rute mana yang lebih baik untuk menyelesaikan masalah VRP tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sistem

Depot BBM X merupakan titik awal dan titik akhir pendistribusian dan juga merupakan tempat instalasi BBM yang menyimpan dan menampung pasokan BBM yang akan disalurkan ke SPBU. BBM dikirimkan dari depot ke sejumlah SPBU menggunakan mobil tanki (MT) yang dimiliki perusahaan, melalui pihak ketiga yaitu Patra Niaga, dengan jumlah total sebanyak 68 unit dan terdiri dari 3 volume kapasitas yang berbeda, yaitu mobil tanki volume 16 KL, 24 KL, dan 32 KL yang masing – masing dibagi dalam kompartemen yang sama yaitu 8 kL, jumlah dan kapasitas kendaraan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah dan Kapasitas Kendaraan

Kapasitas	Jumlah Unit	Total Kapasitas
16kL	21	336
24kL	31	744
32kL	16	512
Total	68	1592 kL

Perusahaan melakukan pengiriman BBM ke sejumlah SPBU dengan membagi ke dalam tiga cluster waktu pengiriman, diantaranya untuk cluster 1 akan memulai pengiriman BBM pada pukul 02.00 – 10.00 WIB, cluster 2 pada pukul 10.01 – 14.00 WIB, dan cluster 3 pada pukul 14.01 – 24.00.

Setiap SPBU memiliki kelas jalan tersendiri, sehingga tidak semua SPBU dapat dikunjungi oleh semua mobil tanki yang dimiliki perusahaan. Terdapat 3 batasan kelas jalan untuk tiap – tiap SPBU, yaitu kelas jalan 1 yaitu kumpulan SPBU yang hanya dapat menerima BBM dengan mobil tanki dengan kapasitas 16 kL, kelas jalan 2 adalah kumpulan SPBU akan dilakukan pengiriman BBM dengan mobil tanki ukuran 16 kL dan 24 kL. Sedangkan kelas jalan 3 adalah kumpulan SPBU yang dapat menerima BBM dengan semua jenis mobil tanki yang dimiliki oleh perusahaan.

Penyelesaian masalah *vehicle routing problem* ini bertujuan untuk mendapatkan rute yang optimal agar dapat meminimalkan total jarak tempuh. Rute pengiriman BBM ke SPBU dan yang akan dibuat berdasarkan periode distribusi harian (*single period*) dengan menggunakan data historis milik perusahaan.

Model Matematis

Model matematis pada penelitian ini menggunakan model matematis yang telah dikembangkan oleh Setiawan (2016) yang merupakan formulasi *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), dengan fungsi objektif dari model yang akan dibuat adalah untuk meminimalkan jarak tempuh kendaraan

Di dalam teori graph, VRP didefinisikan sebagai Grafik $G(N,A)$ dimana N pelanggan dinyatakan dengan $i = 1,2,3,...,N$ sebagai kumpulan node. TBBM Rewulu digambarkan dengan node 1, dan kumpulan dari pelanggan dinotasikan $No = N \setminus \{1\}$. A merupakan himpunan busur dengan $A = \{(i,j) | i,j \in N \text{ dan } i \neq j\}$. Busur $(i,j) \in A$ yang terhubung menyatakan jarak perjalanan lokasi i dan lokasi j . Berikut adalah model matematis yang akan digunakan dalam penelitian ini, dengan parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- N : himpunan lokasi pelanggan dan terminal BBM
 No : himpunan seluruh node pelanggan dimana $No = N \setminus \{1\}$
 C_{ij} : jarak tempuh kendaraan dari i ke j
 K : armada kendaraan yang tersedia, dimana $K = \{1, 2, 3, \dots, 68\}$
 D_i : jumlah permintaan pelanggan
 Q_k : kapasitas kendaraan yang tersedia
 r : indeks rute pada kondisi multi trip, dimana $r = \{1, 2, \dots, R\}$
 i, j : indeks pelanggan
 k : indeks kendaraan yang tersedia, dimana $k = \{1, 2, \dots, K\}$

Variabel Keputusan:

- $X_{ijk r}$: $\begin{cases} 1, & \text{jika konsumen } i \text{ ke } j \text{ dilalui oleh kendaraan } k \text{ pada rute } r \\ 0, & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$
 $Y_{ik r}$: $\begin{cases} 1, & \text{jika konsumen } i \text{ dikunjungi oleh kendaraan } k \text{ pada rute } r \\ 0, & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$

Fungsi tujuan dari model matematis ini adalah untuk meminimalkan jarak tempuh kendaraan, setelah dilakukan optimasi maka akan dihitung pula waktu *loading* dan *unloadingnya*. Adapun model matematikanya sebagai berikut:

Minimize:

$$\sum_i^N \sum_j^N \sum_k^K \sum_r^R C_{ij} \cdot X_{ijk r} \quad (1)$$

Fungsi Kendala:

1. Batasan ini untuk memastikan setiap konsumen dikunjungi sekali oleh kendaraan

$$\sum_k^K \sum_r^R Y_{ik r} = 1 \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (2)$$

2. Batasan ini untuk menunjukkan bahwa kendaraan dan rute yang sama masuk dan keluar pada konsumen yang sama

$$\sum_{i \neq j}^N X_{ijk r} = Y_{ik r} \quad \forall i \in N; k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (3)$$

$$\sum_{i \neq j}^N X_{jik r} = Y_{ik r} \quad \forall i \in N; k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (4)$$

3. Batasan ini untuk menunjukkan rute kendaraan dimulai dari R menuju $R+1$

$$\sum_{j=1}^N X_{1jkr} \geq \sum_{j=1}^N X_{1jkr+1} \quad \forall k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R+1 \quad (5)$$

4. Batasan ini untuk memastikan jumlah yang dibawa oleh kendaraan tidak melebihi kapasitas yang tersedia untuk setiap rute

$$\sum_{i=1}^N D_i Y_{ik r} \leq Q_k \quad \forall k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (6)$$

5. Batasan ini memastikan bahwa tidak ada *sub-tour*, yang artinya bahwa dalam satu kali siklus rute yang terjadi tidak kembali ke titik yang sama kecuali kembali terlebih dahulu ke depot. Batasan *sub-tour* ini menggunakan formulasi yang telah diperkenalkan oleh Miller, Tucker, dan Zemlin (1960) dengan tambahan variabel $U_{ik r}$, yang mengindikasikan akumulasi *demand* pada kendaraan k pada rute r setelah mengunjungi konsumen i .

$$D_i \leq U_{ik r} \leq Q_k \quad \forall i \in N \setminus \{0\}; k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (7)$$

$$U_{ik r} - U_{jk r} + Q_k X_{ijk r} \leq Q_k - D_j \quad \forall i, j \in N \setminus \{0\}; i \neq j, k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (8)$$

6. Menunjukkan bahwa variabel keputusan bernilai biner

$$X_{ijk r} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N; k = 1, 2, \dots, K, r = 1, 2, \dots, R \quad (9)$$

$$Y_{ik r} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N; k = 1, 2, \dots, K, r = 1, 2, \dots, R \quad (10)$$

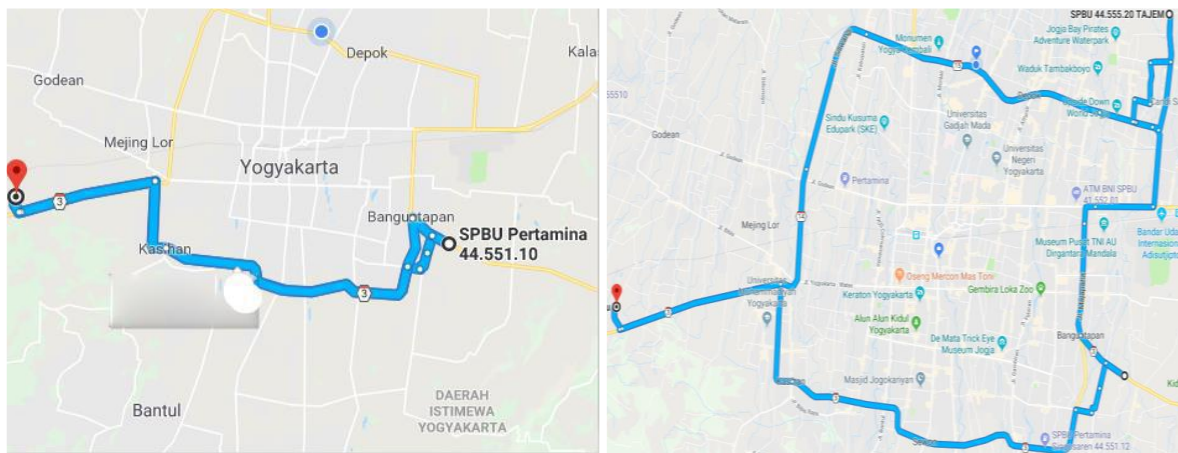
Optimasi dengan Software

Optimasi akan dilakukan dengan menghitung jarak setiap *cluster* yang tersedia dengan batasan kelas jalan yang ada. Dengan fungsi tujuan untuk meminimasi total jarak, maka model akan mencoba untuk mencari rute yang paling optimal agar fungsi tujuan tersebut tercapai, penyelesaiannya menggunakan metode *Branch and Bound* yang ada pada *solver* LINGO 17.0 sebelum dilakukan optimasi menggunakan kasus nyata, dilakukan verifikasi model terlebih dahulu dengan kasus sederhana, selanjutnya dilakukan optimasi rute mobil tanki dengan kasus sebenarnya yang memiliki jumlah node yang jauh lebih banyak. Diberikan beberapa asumsi diantaranya waktu *loading* dan *unloading* diasumsikan sebesar 30 menit/kompartemen untuk

semua cluster yang ada, dimana setiap kompartemen nilainya adalah 8kL. Waktu tersebut digunakan dengan menambahkan waktu tempuh hasil optimasi maupun rute *existing* untuk mendapatkan total waktu secara keseluruhan. Adapun waktu tempuh setiap rute yang didapat dihitung berdasarkan asumsi kecepatan kendaraan yaitu 40 km/jam. Jarak tempuh pada rute *existing* dihitung berdasarkan matriks jarak yang telah dibuat.

Cluster 1 memiliki total jumlah *customer* sebanyak 66 pelanggan yang harus dikunjungi yang terbagi dalam 3 batasan kelas jalan. Waktu pengiriman dilakukan pada pukul 02.00 – 10.00. Cluster 2 memiliki total jumlah *customer* sebanyak 40 pelanggan yang harus dikunjungi yang terbagi dalam 3 batasan kelas jalan yang masing – masing terdiri dari 7 *customer* untuk kelas jalan 1 (hanya dapat dilalui mobil dengan volume 16 kL), kelas jalan 2 (bisa dilalui oleh mobil muatan 16 kL dan 24 kL) sebanyak 14 node, dan kelas jalan 3 (bisa dilalui oleh seluruh jenis mobil) sebanyak 19 *customer*. Cluster 2 melakukan pengiriman mulai pukul 10.01 – 14.00. Cluster 3 memiliki total jumlah *customer* sebanyak 41 pelanggan yang harus dikunjungi yang terbagi dalam 3 batasan kelas jalan yang masing – masing terdiri dari 7 *customer* untuk kelas jalan 1, kelas jalan 2 sebanyak 12 node, dan kelas jalan 3 sebanyak 22 *customer*. Cluster 3 mulai melakukan pengiriman pada pukul 14.01 – 24.00.

Perbandingan visualisasi cluster 1 untuk rute *existing* dengan rute optimasi menggunakan multi trip, dimana pada rute *existing* mobil tanki dengan kapasitas 16kL hanya melakukan sekali pengiriman, sedangkan untuk rute optimasi mobil tanki 16kL mengunjungi 2 titik dengan 2 kali trip dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Visualisasi Rute Aktual dan Rute Optimasi

Perbandingan Rute Existing dan Optimasi

Setelah melakukan optimasi dengan solver LINGO berdasarkan cluster yang ada kemudian dibandingkan dengan hasil rute *existing*, maka didapatkan perbandingan total waktu dan jarak tempuh antara rute *existing* dengan hasil optimasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Total Waktu dan Jarak Tempuh Setiap Cluster

Cluster	Jarak Hasil Optimasi (km)	Jarak Existing (km)	Waktu Hasil Optimasi (jam)	Waktu Existing (jam)	Jumlah Mobil Hasil Optimasi	Jumlah Mobil Existing
Cluster 1	3337	3571	202,43	212,725	24	40
Cluster 2	642	843	79,05	89,075	12	21
Cluster 3	2485	2748	131,125	142,175	16	28

Dari tabel 1 dapat dilihat perbandingan setiap cluster antara kondisi *existing* dengan hasil optimasi, hal ini menunjukkan bahwa hasil optimasi untuk cluster 1 didapatkan total jarak tempuh lebih pendek dibandingkan dengan rute *existing*, yaitu sebesar 234 km atau 6,55% dan waktu tempuh sebesar 10,295 jam. Total jarak hasil optimasi didapat sebesar 3337 km dengan

waktu secara keseluruhan 202,43 jam dengan menggunakan mobil tanki sebanyak 24 mobil tanki dengan rincian jumlah mobil 16kL sebanyak 8 mobil, 24 kL sebanyak 9 mobil, dan 32kL sebanyak 7 mobil dan sudah dipastikan tidak terdapat batasan yang terlanggar. Sedangkan total jarak rute *existing* sebesar 3571 km dengan waktu secara keseluruhan 212,725 jam dengan menggunakan mobil tanki sebanyak 40 tanki dengan rincian 12 mobil untuk tanki 16 kL, 19 mobil untuk tanki 24 kL, dan 9 mobil untuk tanki 32 kL. Waktu tempuh setiap rute yang didapat dihitung berdasarkan asumsi kecepatan kendaraan sebesar 40 km/jam dan jarak tempuh pada rute *existing* dihitung berdasarkan matriks jarak yang telah dibuat.

Cluster 2 didapatkan total jarak yang lebih pendek dan mampu mengurangi total jarak sebesar 201 km dan waktu tempuh selama 9,575 jam atau sebesar 23,84 %. Total jarak hasil optimasi yang didapat sebesar 642 km dengan waktu secara keseluruhan 79,5 jam dengan menggunakan mobil tanki sebanyak 12 mobil tanki dengan rincian jumlah mobil 16kL sebanyak 3 mobil tanki, 24 kL sebanyak 5 mobil tanki, dan 32kL sebanyak 4 mobil tanki dan sudah dipastikan tidak terdapat batasan yang terlanggar. Sedangkan total jarak rute *existing* sebesar 843 km dengan waktu secara keseluruhan 89,075 jam dengan menggunakan mobil tanki sebanyak 21 tanki dengan rincian 5 mobil untuk tanki 16 kL, 9 mobil untuk tanki 24 kL, dan 7 mobil untuk tanki 32 kL.

Hasil optimasi Cluster 3 juga mampu mengurangi total jarak sebesar 263 km atau sebesar 9,57% dan waktu tempuh sebesar 11,05 jam. Total jarak hasil optimasi yang didapat sebesar 2485 km dengan waktu secara keseluruhan 58,725 jam dengan menggunakan mobil tanki sebanyak 16 tanki dengan rincian jumlah mobil 16kL sebanyak 5 mobil, 24 kL sebanyak 3 mobil tanki, dan 32 kL sebanyak 8 mobil tanki dan sudah dipastikan tidak terdapat batasan yang terlanggar. Sedangkan total jarak yang ada pada rute *existing* sebesar 2748 km dengan waktu secara keseluruhan 142,175 jam dengan menggunakan mobil tanki sebanyak 28 tanki dengan rincian 4 mobil untuk tanki 16 kL, 15 mobil untuk tanki 24 kL, dan 9 mobil untuk tanki 32 kL. Jika jarak tempuh yang diperoleh semakin jauh dapat mengakibatkan biaya operasional perusahaan juga semakin besar (Widyastiti & Awaludin, 2021).

Optimalisasi rute distribusi BBM juga dilakukan Alkaisi & Santoso (2022) dengan menggunakan metode *saving matrix* untuk 16 konsumen dengan menggunakan 1 jenis mobil tanki. Penelitian yang dilakukan oleh Kushariyadi & Sugito (2022) juga mengalokasi rute distribusi BBM untuk 12 konsumen menggunakan metode yang sama yaitu *saving matrix*. Nurlathifah et al., (2020) melakukan pendistribusian BBM menggunakan Excel Solver untuk menentukan rute terpendek bagi 11 konsumen. Dapat dilihat bahwa penelitian ini dengan ketiganya memiliki jumlah konsumen yang sangat berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Abdul et al., (2023) melakukan rute pendistribusian BBM dengan algoritma *Tabu Search* dan *Cheapest Insertion Heuristic* dengan membagi 27 konsumen yang ada menjadi 4 wilayah tanpa mempertimbangkan apakah semua mobil tanki dapat mengunjungi konsumen tersebut. Penelitian ini mencoba menambahkan pembatas *multi-trip* dan mempertimbangkan kelas jalan yang dapat dilalui oleh mobil tanki. Pembagian perhitungan berdasarkan kelas jalan dirasa cukup mampu untuk mengurangi total jarak dan waktu tempuhnya dan juga tepat sasaran karena batasan yang dimiliki oleh pelanggan bisa terpenuhi. Selain itu, jika terdapat mobil tanki dengan volume lebih besar mengunjungi SPBU yang berada dalam kelas jalan dibawahnya dapat menyebabkan mobil tanki sulit untuk bermanuver di SPBU karena terbatasnya tempat mobil tanki untuk melakukan *unloading*.

Performansi dari *software* LINGO 17.0 berdasarkan hasil *running* optimasi dengan solver LINGO 17.0 sudah cukup baik, terbukti dengan mencapai solusi *global optimum*. Namun hal itu berlaku untuk jumlah node yang sedikit, sedangkan untuk menyelesaikan masalah dengan jumlah node yang lebih banyak membutuhkan waktu yang cukup lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah model yang digunakan masih bersifat general sehingga dapat digunakan untuk kasus lainnya dengan melakukan penyesuaian karakteristik

sistem yang ada. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini menentukan rute pengiriman BBM untuk mendapatkan jarak tempuh terpendek. Metode *branch and bound* yang ada di LINGO solver digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini. Dari hasil yang didapatkan, rute hasil optimasi kemudian dibandingkan dengan rute *existing* yang ada. Penyelesaian dilakukan dengan mempertimbangkan kelas jalan yang dapat dilalui oleh mobil tanki ketika mengirim BBM dan berdasarkan pembagian Cluster lokasi pengiriman. Hasil rute optimal dengan memasukkan multi-trip didapat bahwa *Cluster 1* menghasilkan pengurangan total jarak tempuh sebesar 6,55% atau total jarak tempuh menjadi lebih pendek sebesar 234 km, pengurangan total jarak tempuh *Cluster 2* sebesar 23,84% dengan pengurangan total jarak sebesar 201 km, dan pengurangan total jarak tempuh *Cluster 3* sebesar 9,57%. Selain berkurangnya total jarak tempuh yang didapat dari hasil optimasi, waktu tempuh untuk setiap *Cluster* juga menjadi lebih pendek, sehingga pengiriman menjadi lebih efektif dan beban kerja sopir menjadi lebih ringan. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan bahan perbaikan bagi perusahaan dalam menentukan rute pengiriman produknya

Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian selanjutnya adalah : 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan metode metaheuristik untuk membandingkan hasil optimasi metode *exact*, 2) Memberikan tambahan optimasi dengan mempertimbangkan total biaya transportasi, 3) Perlu adanya optimasi dengan penambahan produk lainnya, sehingga model yang dihasilkan dapat merepresentasikan seluruh sistem di perusahaan.

REFERENSI

- Abdul, U. I., Katili, M. R., & Wungguli, D. (2023). *ALGORITMA TABU SEARCH DAN CHEAPEST INSERTION HEURISTIC*. 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.36526/tr.v7i1.2325>
- Abubakar, R. (2021). Pengantar Metodologi Penelitian. In *SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga* (1st ed.).
- Alkaisi, F., & Santoso, K. H. (2022). Optimalisasi Rute Distribusi Produk Pertalite dengan Menggunakan Metode Saving Matrix untuk Meminimasi Jarak Tempuh dan Biaya Distribusi (Studi Kasus: Integrated Terminal Semarang PT. Pertamina MOR IV). *Industrial Engineering Online Journal*, 11(2), 1–8.
- Asghari, M., & Al e hashem, S. M. J. M. (2020). Green vehicle routing problem : A state-of-the-art review Green. *Elsevier*, 1–109.
- Cattaruzza, D., Absi, N., Feillet, D., & González-Feliu, J. (2017). Vehicle routing problems for city logistics. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 6(1), 51–79. <https://doi.org/10.1007/s13676-014-0074-0>
- Hendrawan, E., & Widyadana, I. G. A. (2018). Optimasi Rute Pengiriman dengan Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v2i1.518>
- Kushariyadi, & Sugito, B. (2022). Optimasi Distribusi Transportasi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Bio Solar di Wilayah Jawa Tengah. *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, Vol 9(1), 162–169. <http://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/nusantara/index>
- Mingozzi, A., Roberti, R., & Toth, P. (2013). An exact algorithm for the multitrip vehicle routing problem. *INFORMS Journal on Computing*, 25(2), 193–207. <https://doi.org/10.1287/ijoc.1110.0495>
- Novianda, R. F., Martini, S., & Aurachman, R. (2017). Penentuan Rute Armada Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Homogenous Fleet Vehicle Routing Problem With Time Windows di PT . XYZ Wilayah Bandung Untuk Meminimasi Total Waktu Tempuh. *E-Proceeding of Engineering*, 4(2), 2892–2899.
- Nurlathifah, E., Pudjiantoro, F. K. P., Ammar, N., Sutopo, W., & Yuniaristanto. (2020).

- Optimalisasi Rute Distribusi BBM dengan Penerapan Capacitated Vehicle Routing Problem dan Excel Solver di Kabupaten Magetan. *Teknoin*, 26(2), 116–126. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol26.iss2.art3>
- Risdiyanta. (2014). Membedah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Indonesia. *Forum Teknologi*, 04(3), 43–52. <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/download/91/96/107>
- Rivera, J. C., Murat Afsar, H., & Prins, C. (2016). Mathematical Formulations and Exact Algorithm for the Multitrip Cumulative Capacitated Single-Vehicle Routing Problem. *European Journal of Operational Research*, 249(1), 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.067>
- Seixas, M. P., & Mendes, A. B. (2013). Column Generation for a Multitrip Vehicle Routing Problem with Time Windows, Driver Work Hours, and Heterogeneous Fleet. *Mathematical Problems in Engineering*, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2013/824961>
- Setiawan, F. (2016). *Mathematical Modelling of Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Multi-Trips and Multi-Products*. Universitas Gadjah Mada.
- Shahab, M. L., & Irawan, M. I. (2015). Algoritma Genetika untuk Capacitated Vehicle Routing Problem. *Jurnal Sains Dan Seni*, 4(2), 19–24.
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). Vehicle Routing Problems, Methods, and Applications. In K. Scheinberg (Ed.), *Vehicle Routing* (Second). MOS-SIAM Series on Optimization. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594.ch5>